

# OFİSLERDE ENERJİ ETKİN AYDINLATMA SİSTEMLERİ

Rana KUTLU\*

## ÖZET

Bu çalışmada, konfor koşullarının sağlanmasında ve mekanın algılanmasında mimarinin önemli öğelerinden biri olan aydınlatma konusu; enerji etkin tasarım bakış açısıyla ele alınmaktadır. Bu amaçla, gün boyu kullanılmaları, kullanıcı sayılarının fazla olması ve bununla beraber enerji tüketimlerinin yüksek olması sebebiyle ofis binaları seçilmiş, enerji etkin aydınlatma tasarımı için kabukta uygulanabilecek sistemler ve yapma aydınlatma kontrol sistemleri tanıtılarak, performansları üzerinden değerlendirilmeleri yapılmıştır.

*Anahtar Kelimeler: Gelişmiş Güneşli Sistemleri, Ofis, Aydınlatma Enerjisi Yönetimi*

## ENERGY EFFICIENT LIGHTING SYSTEMS IN OFFICE BUILDINGS

## ABSTRACT

Lighting, which affects space perception and visual comfort conditions in rooms, is one of the important parts of the architecture. In this study, lighting is dealt from energy efficiency point of view. For this reason, office buildings were selected because of being used all day by a high number of user group and as they have high energy consumption. Artificial lighting control systems and innovative daylighting systems which can be applied on the facade for the energy efficiency, were introduced and their performances were evaluated in this sense.

*Keywords: Innovative Daylighting Systems, Office, Lighting Energy Management*

---

\* \*Yrd.Doç.Dr., İstanbul Kültür Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Ataköy-İSTANBUL

## 1. GİRİŞ

“Enerji Etkin Tasarım”, “Sürdürülebilirlik” , yapma çevrede kullanıcı konforunu artırmaya çalışırken, doğaya olan zararlı etkileri azaltmaya çalışan bir tasarım anlayışıdır. Mevcut enerji kaynaklarının kısıtlı olması ve bu kaynakların kullanımının neden olduğu çevresel sorunlar günümüzde tasarımcıların ilgisini enerji etkin tasarım konularına çekmiştir.

Yapma çevrede kullanıcı konforunu sağlamak üzere iklimlendirme ve aydınlatma amaçlı enerji tüketimi, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de toplam enerji tüketiminin yaklaşık %50’lik kısmını oluşturmaktadır. Enerji tüketiminde binaların sahip olduğu bu yüksek oran enerji yönetimini zorunlu kılmaktadır. Bu amaçla, binanın mekanik ve elektrik sistemlerinin otomasyonunun sağlanması yanında tasarım sürecinin başından itibaren binaya ait tüm sistemlerin enerji etkin bakış açısı ile bir bütün olarak değerlendirilmesi gerekir. Başarılı bir enerji yönetimi ancak, tasarım, yapım, kullanım ve kullanım sonrası süreçlerin birlikte ele alındığı enerji etkin tasarım anlayışı içerisinde sağlanabilir. Aksi halde kullanıcıya üzerinde gelişmiş otomasyon sistemlerinin uygulandığı ancak, enerji verimliliği yönünden performansı düşük, yüksek enerji tüketimine sahip binalar sunulmuş olacaktır.

Bu çalışmada, konfor koşullarının sağlanmasında ve mekanın algılanmasında mimarinin önemli öğelerinden biri olan aydınlatma konusu; enerji etkin tasarım bakış açısıyla ele alınmaktadır. Bu amaçla, gün boyu kullanılmaları, kullanıcı sayılarının fazla olması ve bununla beraber enerji tüketimlerinin yüksek olması sebebiyle ofis binaları seçilmiş, enerji etkin aydınlatma tasarımı için kabukta uygulanabilecek sistemler ve yapma aydınlatma kontrol sistemleri tanıtılarak, performansları üzerinden değerlendirilmeleri yapılmıştır.

## 2. ENERJİ ETKİN AYDINLATMA SİSTEMLERİ

Bina elemanlarından yapı kabuğu enerji yönetiminde oldukça önemlidir. Yapı kabuğu ister cephe ister çatı olsun, hacmi yağmur ve gürültüden koruma işlevinin yanısıra, hacimde iklimsel konforun sağlanmasında optimum ısı performans gösteren, görsel konfor sağlanmasında doğal aydınlatma açısından günışığından maksimum düzeyde yararlanan ve aynı zamanda güneş kontrolü sağlayan özellikte olmalıdır. Bu nedenle, ofis gibi gün boyu kullanılan ve enerji tüketimi yüksek bina türlerinde yapı kabuğuna entegre cephe sistemleri; gelişmiş günışığı sistemleri, akıllı cam teknolojileri, güneş ışığından elektrik enerjisi üreten sistemler v.b. sistemler aydınlatma enerjisi yönetimi açısından büyük öneme sahiptir.

Enerji etkin aydınlatma sistemleri enerji kaynağı olarak ağırlıklı yenilenebilir enerji türlerini kullanmaktadır. Bunlar, binanın pasif sistem olarak performansını artırırken aktif sistemlerin yükünü azaltmayı hedeflemektedirler.

### 2.1. Enerji Etkin Pasif ve Aktif Sistemler

Aydınlatmada enerji yönetimi konusunda, mekanik ve elektrik sistemlerinin otomasyonu ile birlikte, yapma çevrenin pasif sistem olarak performansını etkileyen tasarım girdilerinin-bina yeri, konumu, binalar arası mesafeler v.b. gibi çevresel tasarımdan başlayarak, bina, hacim, sistem ve malzeme ölçeğine kadar- öncelikle doğru olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Aydınlatma açısından bina kabuğu tasarımında günışığından olabildiğince yararlanacak aynı zamanda iklimsel ve görsel konfor açısından güneşin istenmeyen etkilerini azaltacak güneş kontrol araçlarına (ışık rafları, ışık tüpleri, akıllı cam sistemleri v.b.) ihtiyaç duyulmaktadır. Binanın aktif sistemlerinin yükünü azaltacak biçimde bu sistemlerin bulunan enleme, cephenin baktığı yöne, hacmin kullanım saatlerine bağlı olarak uygun form ve boyutlarda tasarlanması gerekmektedir. Günümüzde özellikle ofislerde, günışığı ile bütünleşik dinamik aydınlatma tasarımlarına gidilmektedir. İnsanların performanslarını ve bulundukları ortamdan psikolojik-fizyolojik açıdan memnuniyetlerini ölçen araştırmalarda –SAD (Seasonal Affective Disorder), SBS (Sick Building Syndrome), ADD (Attention Deficit Disorder)- hacimlerde yeterli düzeyde günışığı sağlanmasının çok önemli olduğu görülmektedir. Ayrıca ışığın tayfsal özelliklerinin de insanları etkilediği görülmektedir.

#### 2.1.1. Pasif Sistemler

Işığın iletimi, yönlendirilmesi konularında son yirmi yıldır geliştirilmekte olan teknik açıdan karmaşık sistemler geleneksel yöntemlere göre performans açısından daha başarılı olmaktadır. Bu sistemlerden bazıları aşağıda yer almaktadır.

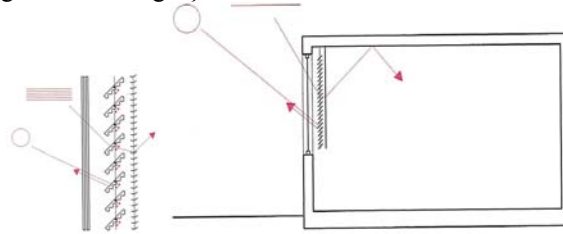
**Işık Rafları:** Geometri ve malzemelerinin değiştirilmesi ile optik özellikleri geliştirilen ışık rafları günışığını hacim içerisine alırken direkt güneş ışığını tavana doğru yönlendirerek ışığı hacmin arka kısımlarına doğru iletmektedir. Sistem, parçası olan yüksek yansıtıcı malzemelerin geometrileri değiştirilerek ve sayıları artırılarak yıl boyunca güneşin değişen konumlarına cevap verebilmektedir. Yapılan çalışmalar; güneşli bölgelerde, cephesi dar fakat derinliği fazla olan ve güneye bakan ofis hacimlerinde optik olarak geliştirilmiş ışık raflarının cephede uygulanmasıyla, yapma aydınlatma enerji tüketiminin ciddi oranlarda azaldığını ortaya koymaktadır. Kapalı gök koşullarının hakim olduğu bölgelerde doğu ve batı yönlerinde sistemin performansının daha düşük olduğu görülmüştür (A Report of IEA, 2000).



**Şekil 1. Gelişmiş Işık Rafı Sistemleri –İç-Dış Uygulama Örnekleri**  
(www.bartenbach.com)

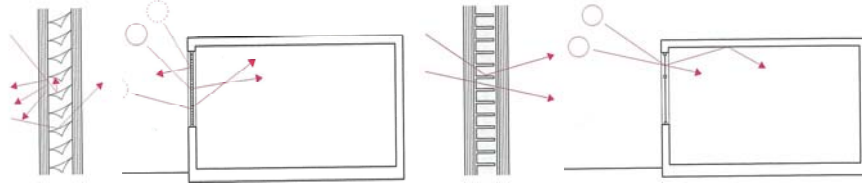
İstanbul Teknik Üniversitesi'nde gelişmiş ışık rafı üzerine yapılan bir araştırmada, ışık rafına yapma ışık kaynağı ilave edilerek oluşturulan bütünleşik sistemin performansı değerlendirilmek istenmiştir. Bu amaçla, çalışma düzlemi üzerindeki günışığı düzeyine bağlı olarak yapma aydınlatma sistemi otomatik kontrol sistemine bağlanmıştır. Hacimdeki aydınlığın dağılımı ışık rafı ile düzenlenirken, otomatik kontrol sistemi yardımıyla çalışma düzlemi üzerinde 500 lx sabit aydınlık düzeyi sağlanmaya çalışılmıştır. Araştırmanın sonucunda, sağlanan enerji tasarrufunun güneş yükseliş açılarına göre değiştiği bu nedenle, güneşlenme süreleri uzun olan bölgelerde sistemin performansının daha yüksek olacağı görüşüne varılmıştır (Çetegen, D., Enarun D., Yener A.K., Batman, A., 2004).

**Prizmatik Sistemler:** Işığın kırılarak yönlendirilmesi, iletilmesi esasına göre çalışan prizmatik sistemler, direkt güneş ışığını reddeden ya da hacmin tavanına doğru yönlendirilerek arka kısımlara iletilmesini sağlayan, yaygın günışığını hacme ileten sistemlerdir. Prizmatik elemanlar cephe üzerinde, pencere sistemi ile bütünleşik ve düşey konumda kullanılabileceği gibi, çatı üzerinde tepe açıklıklarında da kullanılabilir. Prizmatik sistem pencere ile birlikte kullanıldığında, tavan; ışığı hacme dağıtıcı görev üstlendiği için önem kazanır.



**Şekil 2. Pencere Camında Prizmatik Eleman Kullanımı** (Licht, U.B., 2006)

**Işık Yönlendirici Camlar:** Çift cam arasına yerleştirilen aynasal parabolik elemanlar, kışın düşük açılarda gelen direkt güneş ışığını hacme alırken, yazın yüksek açılarda gelen güneş ışığını ya geri yansıtır ya da tavana doğru yönlendirerek alır. Cephe ve çatıda kullanım olanağı olan bu elemanlar iç-dış ortam arasındaki görsel bağlantıya engel olmaktadır.

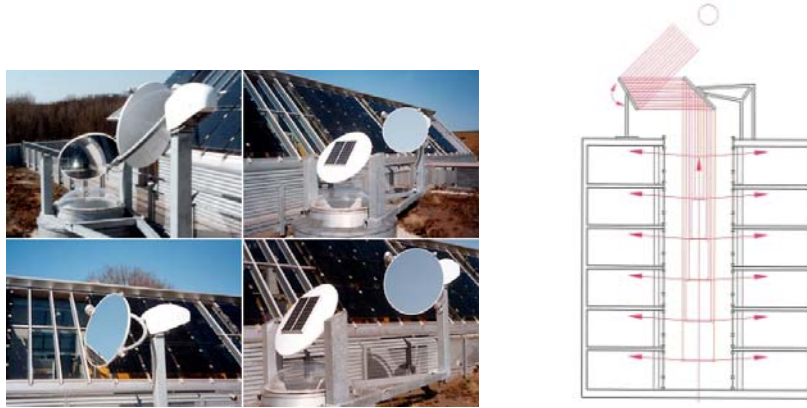


Şekil 3. Işık Yönlendirici Camlar (Licht, U.B., 2006)

Sistem maksimum performansı; güneşli bölgelerde ve ditekt güneş ışığına maruz kalınan yönlerde göstermektedir. Kapalı gök koşullarında ve direkt güneş ışığı almayan yönlerde sistemin performansı düşüktür (Beck, A, Körner, W., 1999).

**Heliostat:** Enerji etkin aydınlatma sistemlerinden biri olan ışık tüpleri günışığını taşıyarak bir yerden başka bir yere iletir. Sistem; coğrafi koordinatlara ve zamana ayarlı bir bilgisayar programıyla hareketli hale getirilen otomatik takip sistemi, bir veya daha çok aynadan ve frensel merceğinden oluşan, güneş ışınlarını toplayan ve yoğunlaştırarak ışık taşıyıcı kılavuzlara ileten bütünleşik bir sistemdir. Kılavuzlarda taşınan günışığı hacme bir dağıtıcı eleman ile verilir.

Sisteme yapma ışık kaynağının ilave edilmesi ile günışığının yetersiz olduğu ya da hiç olmadığı durumlarda da aydınlatma ihtiyacı karşılanmış olur. Işık tüpüne, kükürtlü lamba ilave edilerek oluşturulmuş bütünleşik sistemin performansının ölçüldüğü bir çalışmada, aydınlatma enerjisi tüketiminde %50 'nin üzerinde tasarruf sağlandığı görülmüştür (Aydınlı, S., Rosemann, A., 2000).



Şekil 4. Heliostat Uygulaması ([www.lumena.ch](http://www.lumena.ch))

**Güneş Tüpleri:** Bunların çoğu güneş ve gök ışığını bina içlerine alan ve taşıyan basit, içi boş tüplerdir. Güneşin konumundan bağımsız olan saydam bir kubbeden oluşan dış toplayıcı ünite ile UV ışınları dışarıda bırakılarak ışığın tüp içine iletilmesi sağlanır. Sistemin sonunda ise hacme ışığı dağıtan son eleman vardır.



Şekil 5. Güneş Tüpü Uygulamaları (www.bartenbach.com)

### 2.1.2. Aktif Sistemler

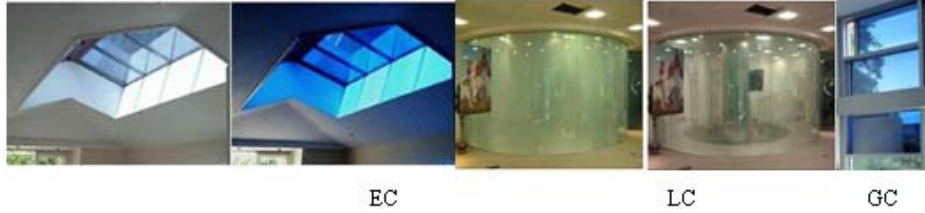
Aktif sistemler, içinden elektrik akımının geçmesiyle saydamlığı değişen akıllı cam teknolojileri ile, güneş ışığını elektrik enerjisine çeviren sistemlerden oluşmaktadır. Aydınlatmada enerji yönetimi açısından önemli olan bu sistemler aşağıda açıklanmaktadır.

**Akıllı Cam Teknolojileri:** Saydamlık özelliği değişkenlik gösteren bu türden camlar farklı uygulamalara açık olup, tasarımda esneklik sağlarlar. Bu yönden iç, dış mekanda bölücü eleman olarak kullanılabilirler gibi, projeksiyon perdesi, işaret panosu gibi farklı işlevler için de kullanılabilirler.

- Elektrokromik camlar (EC)
- Sıvı Kristal Camlar (LC)
- Gazokromik Camlar (GC)
- Fotokromik ya da Termokromik Camlar

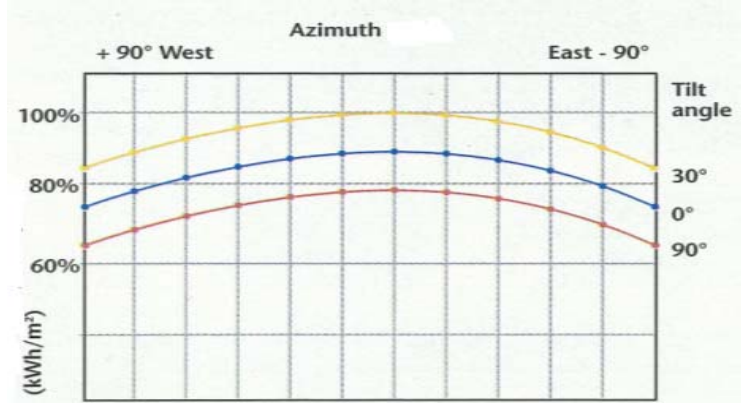
Bu camlar çevresel uyarılara (otomatik ya da manuel kontrol ile) tepki vererek bunun sonucunda ışığı geçirgen halden ışığı yansıtıcı, yutucu ya da saçıcı hale geçerler. Elektrokromik camlar, elektrik akımının uygulanmasıyla saydam halden koyu mavi renge dönüşerek, enerji iletimini % 20 oranında azaltır. Bu özelliği nedeniyle, güneş ışığının neden olduğu kamaşma sorununa yönelik parıltı kontrolü amacıyla kullanılabilirler. Sıvı kristal camlar da elektrokromik camlara benzer davranış gösterirler. Sıvı kristallerin hareketiyle camın ışık iletimi, %76 ile %48 arasında değişir. Cam katmanları arasına hidrojen gazının verilmesiyle rengi değişen gazokromik camların, oksijen verilmesiyle saydamlığı eski haline döner. İki durumda ışık iletimi %15 ile %60 arasında değişmektedir. Fotokromik camlar bünyesindeki metal iyonlarının morüstü-UV ışınlarına bağlı olarak değişim göstermesiyle çalışır. Üzerine gelen ışık miktarı arttıkça saydamlığı azalmakta ancak kızılötesi-IR ışınlarına karşı tepki vermediğinden hacme cam aracılığıyla ısı kazancı önlenememektedir. Termokromik camlar, belli sıcaklık üzerinde cam tabakaları arasında bulunan jelin, camın yansıtıcılığını artırarak, saydamlığını

azaltması prensibiyle çalışır. Cam; üzerine gelen direkt güneş ışığını saçıp, yaygın ışık haline getirerek buzlu cam haline geçer.



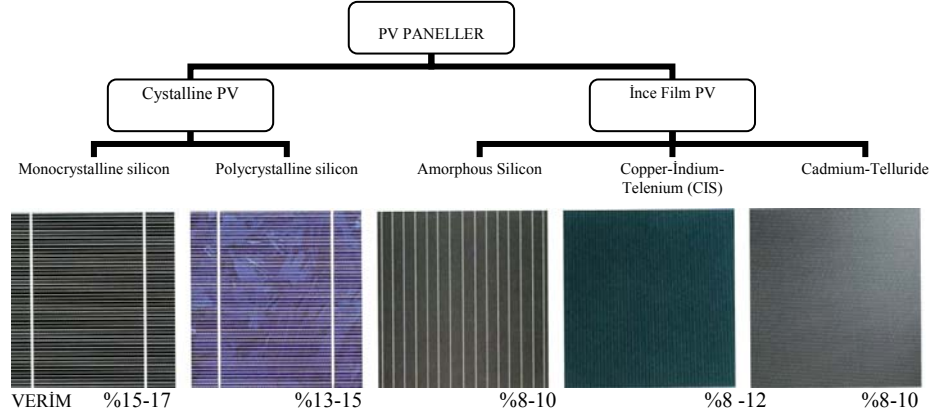
Şekil 6. Akıllı Cam Teknolojileri Uygulamaları

**Fotovoltaik Paneller:** Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üreten PV paneller yapıya sonradan ilave edilebileceği gibi tasarım aşamasında kabuğa entegre edilerek bütünleşik cephe sistemini oluşturabilirler. Kabuk üzerinde gölgeleme aracı olarak kullanıldıklarında hacim içerisinde istenmeyen güneş ışınlarını engellerken aynı zamanda elektrik enerjisi de üretirler bu yönden enerji yönetimi konusunda önemlidirler. PV paneller tarafından yıl boyunca sağlanan enerji, bulunulan bölgenin koordinatlarına, panellerin yönelme, eğim ve etrafındaki engel durumuna bağlı olarak değişmektedir. Aşağıdaki grafikte 40° N enlemi için panellerin baktığı yön ve eğimlerine bağlı olarak ürettikleri yıllık enerji miktarları görülmektedir.



Şekil 7. PV Panellerin Yön ve Eğimine Bağlı Olarak Ürettikleri Yıllık Enerji Miktarı (Schott Solar)

PV paneller yapısal ve malzeme özelliklerine bağlı olarak alt türlere ayrılmaktadır. Silisyum en uygun malzeme olup, pek çok türünde kullanılmaktadır. Kristal silisyum ve alt türleri, amorf silisyum, galyum arsenit, kadmiyum tellurid, bakır indiyum diselenid gibi farklı yarı iletken maddelerden yararlanılarak üretilen türleri performansları ile birlikte aşağıda verilmiştir.



**Şekil 8. PV Türleri ve Performansları** (Hegger, Fuchs, Stark, Zeumer, 2008)

Teknolojideki hızlı gelişmeler özellikle nanoteknolojik yenilikler sayesinde PV paneller saydamlaşabilmekte böylece mevcut PV panellerin iç-dış ortam arasındaki görsel bağlantıyı sağlayamama sorunu da ortadan kalkmış olmaktadır. Henüz deneme aşamasında olan bu ürünler kısa bir süre sonra yaygın olarak kullanıma sunulacaktır. Bu teknoloji ile PV pencere sistemi, UV ve IR ışınları engellerken 80-250 W elektrik üretilip, ısıtma ve soğutma yüklerinde %50 tasarruf sağlayabilmektedir. Üretim maliyetleri şu an için yüksek olmakla birlikte, nanoteknoloji alanındaki hızlı gelişmeler ile daha verimli, farklı formlarda kullanıma yönelik büyük esneklikler sunabilen ve daha ince PV malzemeler üretilebilmektedir.

## 2.2. Yapma Aydınlatma Kontrol Sistemleri

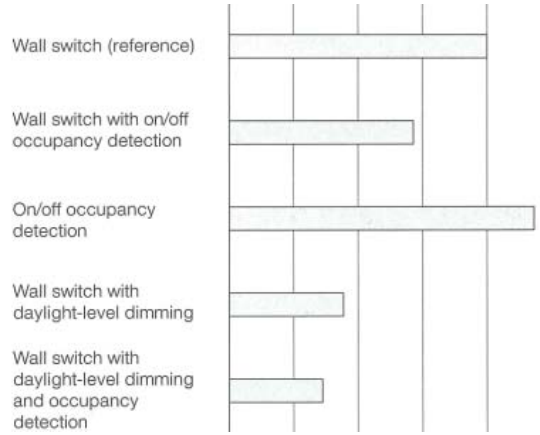
Aydınlatma enerjisi yönetiminde aydınlatma sürelerinin azaltılması, gün boyu kullanılan ofis, okul gibi binalarda önemli olup, bu tür binalarda kullanılabilecek kontrol sistemleri şöyle sıralanabilir:

- İnsan algılayıcı dedektörler
- Zaman ayarlı sistemler
- Güneş ışığına duyarlı-Fotocell- sistemlerdir.

Fotoelektrik kontroller; ofis, okul gibi binalarda aktif sistemlerin yüklerinin azaltılmasında etkili oldukları gibi açma-kapama ve loşlaştırma ile kontrol etme, güneş ışığına bağlı aydınlatma kontrolü sağlamada günümüzde geçerli olan yöntemlerdir.

Ofislerde, çeşitli aydınlatma kontrol sistemlerinin performansı üzerine yapılan araştırmalar göstermiştir ki, mekanda açma-kapama sistemi ile %23, kullanıcı algılayıcılar ile %45, kullanıcı algılayıcı ve manuel loşlaştırılabilen sistemler ile %40, kullanıcı algılayıcı ve otomatik loşlaştırılabilen sistemler ile %44 oranlarında enerji tasarruf edilebilmiştir (Jennings, v.d., 1999).

Mekanın kullanım amacına bağlı olarak seçilecek otomasyon sistemleri enerji tasarrufu sağlamada büyük öneme sahiptir. Ofislerde doğru bir aydınlatma kontrol sisteminin seçimi ile yaklaşık %30 gibi bir oranda tasarruf sağlanabilmektedir. Ofis gibi uzun süreli kullanılan mekanlarda günışığına duyarlı kontrol sistemleri yüksek performans göstermektedir (Şekil 9). Böylece, günışığının yapma aydınlatma ile desteklenerek bütünleşik aydınlatma tasarımına gidilmesi ofislerde etkin enerji tasarrufu sağlayacaktır (Kutlu,R.G., 2008).



**Şekil 9 Kontrol Sistemlerinin Yıllık Enerji Tasarruf Oranları (%)** (Hegger, Fuchs, Stark, Zeumer, 2008)

### 3. SONUÇ

Günümüzde tasarımcıların, bina sahiplerinin ve kullanıcıların karşılaştığı en büyük sorunların başında enerji konusu ve enerjinin etkin kullanımı gelmektedir. Yapılan araştırmalar, elektrik enerjisinin yaklaşık %20'sinin aydınlatma amacıyla tüketildiğini göstermektedir. Bu oranın, kullanıcının konfor koşullarından ödün vermeksizin minimize edilmesi hem ekonomik hem de çevresel açıdan sorunların çözümünde önemlidir. Aydınlatmada enerji yönetiminin sağlanmasında, bütünleşik aydınlatma tasarımına gidilmesi yani, doğal aydınlatma tasarım kararlarının doğru biçimde ele alınarak yapma aydınlatma sistem tasarımının gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Böylece günışığından olabildiğince çok yararlanılacak, kullanım amacına uygun bir aydınlatma kontrol sistemi ile birlikte yapma aydınlatma enerji yükü azaltılabilecektir.

Tasarımın ilk aşamalarından başlayarak, binanın pasif sistemler bütünü olarak tasarlanmasıyla kullanım sürecinde performansı maksimize edilerek aktif sistemlere ilişkin ısıtma-soğutma-aydınlatma yükleri minimize edilecek ve yüksek enerji tasarrufu sağlanabilecektir.

## KAYNAKÇA

- A Report of IEA, Task 21 ECBCS Annex 29, 2000, Daylight in Buildings
- Aydın, S., Rosemann, A., 2000, Doğal Aydınlatma Sistemlerindeki Yeniliklere Bir Bakış, 3.Ulusal Aydınlatma Kongresi, s:30-35
- Beck, A, Körner, W., 1999, Making Beter Use of Natural Light a Light-Redirecting Double Glazing System, Solar Energy, Vol: 66, No: 3, pp: 215-221
- Çetegen, D., Enarun D., Yener A.K., Batman, A., 2004, Günışığı Yapay Işık Entegrasyonu Işık Rafı Sisteminin İncelenmesi, 5. Ulusal Aydınlatma Kongresi, İstanbul, s:15-22
- Hegger, M., Fuchs, M., Stark, T., Zeumer, M., 2008, Energy Manuel Sustainable Architecture, Birkhauser Verlag AG, Basel, Switzerland
- Kutlu, R.G., 2008, İlköğretim Dersliklerinde Aydınlatma Enerjisi Yönetimi Açısından Yönlere Göre Uygun Cephe Seçeneklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, s:27-28
- Licht, U.B., 2006, Lighting Design, Principles Implementation Case Studies, Detail Practice, Birkhauser, Basel, Switzerland
- Jennings, Rubinstein, F.M., Di Bartelomeo, D., Blanc, S., 1999,, 1999, Comparison of Control Options in Private Offices in Advanced Lighting Control Tested, LBLN Report, LBLN 43096
- Schott, Solar, 2008, ASI Glass, Integrated Architecture Powered by the Sun, p:9